

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

YONGWOO PARK, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **Highly Efficient Focusing Waveguide
Grating Coupler Using Leaky Mode**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Republic of Korea	2003-45987	8 July 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 12/31/03

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor
Los Angeles, CA 90025
Telephone: (310) 207-3800



William Thomas Babbitt, Reg. No. 39,591



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0045987
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 08일
Date of Application JUL 08, 2003

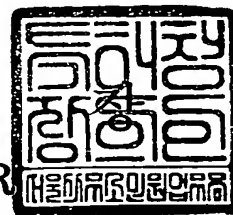
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Insti



2003 년 12 월 04 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.07.08
【발명의 명칭】	누설모드를 이용한 고 효율 광 커플러
【발명의 영문명칭】	HIGHLY EFFICIENT FOCUSING WAVEGUIDE GRATING COUPLER USING LEAKY MODE
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박용우
【성명의 영문표기】	PARK, Yong Woo
【주민등록번호】	731209-1631721
【우편번호】	305-350
【주소】	대전광역시 유성구 가정동 236-1번지 기숙사 구관 113호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	손영준
【성명의 영문표기】	SOHN, Yeung Joon
【주민등록번호】	680704-1675820
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 407-1001
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	백문철
【성명의 영문표기】	PAEK, Mun Cheol



1020030045987

출력 일자: 2003/12/13

【주민등록번호】	570911-1029527		
【우편번호】	305-333		
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 99 한빛아파트 130-106		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	서동우		
【성명의 영문표기】	SUH, Dong Woo		
【주민등록번호】	660101-1400915		
【우편번호】	301-130		
【주소】	대전광역시 중구 문화동 극동아파트 101-504		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	류호준		
【성명의 영문표기】	RYU, Ho Jun		
【주민등록번호】	660409-1011919		
【우편번호】	139-229		
【주소】	서울특별시 노원구 중계본동 현대6차아파트 101-602		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	표현봉		
【성명의 영문표기】	PYO, Hyeon Bong		
【주민등록번호】	630111-1009617		
【우편번호】	305-345		
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 럭키하나아파트 107-406		
【국적】	KR		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 특허법인 신성 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	6	면	6,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	8	항	365,000 원



1020030045987

출력 일자: 2003/12/13

【합계】	400,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	200,000 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 제조 공정의 부담을 줄이면서도 단일 출력빔을 구현할 수 있는 누설모드를 이용한 광 커플러를 제공하기 위한 것으로, 이를 위해 본 발명은, 제1굴절율(n_1)을 갖는 기판; 상기 기판 상에 배치된 제2굴절율(n_2)의 제1코어층; 상기 제1코어층과 간격(d)를 갖고 이격되어 상기 제1코어층 상부에 배치된 제3굴절율(n_3)의 제2코어층; 상기 제2코어층 상에 배치된 제4굴절율(n_4)의 제1클래드층; 상기 제1클래드층 상에 배치되고, 상기 제1코어층과 상기 제2코어층 사이에 확장되어 게재된 제5굴절율(n_5)의 제2클래드층; 및 상기 제2클래드층 상에 배치된 프레넬 렌즈를 포함하며, 상기 각 굴절율이 $n_5 > (n_2, n_3) > n_1$ 및 $n_5 > n_4$ 의 조건을 만족하고, 상기 제1코어층 및 상기 제2코어층을 통해 입사된 광이 상기 조건에 형성된 누설모드에 의해 상기 프레넬 렌즈에 누설빔으로 입사하며, 상기 누설빔은 상기 프레넬 격자에 의해 반사된 빔에 의해 상기 기판 하부로 단일 방향 커플링을 이루어 광초점을 형성하는 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러를 제공한다.

【대표도】

도 7

【색인어】

누설모드, 방향 커플러, 내부 클래드층, 상부 클래드층, 코어층, 광 커플러, 반사형 프레넬 렌즈.

【명세서】**【발명의 명칭】**

누설모드를 이용한 고 효율 광 커플러{HIGHLY EFFICIENT FOCUSING WAVEGUIDE GRATING COUPLER USING LEAKY MODE}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 제1종래기술에 따른 도파로 격자렌즈를 도시한 개략도.

도 2a 및 도 2b는 도파로 격자 커플러가 출력 빔을 만들어 낼 수 있는 대표적인 커플링 방식을 도시한 위상 일치 다이어그램.

도 3은 제2종래기술에 따른 프리즘을 이용한 단일 빔 출력을 갖는 도파로 격자 커플러를 도시한 단면도.

도 4는 제3종래기술에 따른 브래그 조건을 만족시키는 두꺼운 홀로그램 격자와 칼날형 표면 요철 격자를 이용한 단일 빔 출력을 갖는 도파로 격자 커플러를 도시한 단면도.

도 5는 도 4의 칼날형 표면 요철 격자를 갖는 구조에서 광초점을 나타내는 단면도.

도 6은 본 발명에서 제안하는 누설모드 도파로 구조 안에서의 누설모드의 형태를 도시한 개략도.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 대칭형 단일모드 도파로, 누설모드 도파로, 방향 커플러, 반사형 프레넬 렌즈로 구성되는 도파로 격자렌즈의 단면도 및 도파로 굴절률 구조를 도시한 도면.

도 8은 도 7의 누설모드의 파워 전달 특성을 도시한 그래프.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 61 : 기판 62a : 제1코어층
62b : 제2코어층 63 : 내부 클래드층
64 : 상부 클래드층 65 : 누설빔
66 : 광초점 68 : 코어층
69 : 프레넬 렌즈 70 : 대칭형 평판 도파로
71 : 광 커플러
67 : 누설모드의 단면 방향 세기 분포
72 : 코어모드의 단면 방향 세기 분포

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 광 도파로 격자렌즈(Focusing waveguide grating coupler)에 관한 것으로, 특히 커플링 효율(Coupling efficiency)을 향상시킬 수 있는 광 도파로 격자렌즈에 관한 것이다.

<19> 도파로 격자렌즈 소자는 구면렌즈, 비 구면렌즈 또는 복합렌즈 등의 일반적인 렌즈에 비해 부피가 작고 가벼우며, 광원 및 검출기를 도파로 위에 집적할 수 있기 때문에, 초소형 렌즈가 활용될 수 있는 분야 예컨대, 광 디스크 저장장치, 광통신 부품등에 적용될 수 있다.

- <20> 일반적인 격자렌즈(Fresnel lens)는 단순한 프레넬(Fresnel) 회절 격자를 이용하여 평행 광을 회절시켜 집속하는 역할을 한다. 격자렌즈는, 두꺼운 구면을 갖는 렌즈 형태를 격자 형태를 갖는 평면 형태로 대체하므로 주로 프로젝터와 같은 디스플레이 장비에 응용되고 있다.
- <21> 전술한 격자렌즈(또는 프레넬 렌즈(Fresnel lens))는 단순한 구면 렌즈의 대체이지만, 여기서 언급하고자 하는 격자렌즈 소자는 도파로 위에 격자가 형성되어 있기 때문에 코어 모드(Guided modes)가 입력광원이 되므로 단순한 렌즈로 분류되기 보다는 초소형 집속 광원(miniaturized focusing light source)소자라고 할 수 있다.
- <22> 평판 도파로 위에 격자를 새김으로써 광 픽업 소자에 응용한 논문[S. Ura, T. Suhara, H. Nishihara, and J. Koyama, "An integrated-optic disk pickup device," J. Lightwave Technol. Vol. 4, pp. 913-918, 1986]이 1986년에 발표되었다.
- <23> <제1종래기술>
- <24> 도 1은 제1종래기술에 따른 도파로 격자렌즈를 도시한 개략도이다.
- <25> 도 1을 참조하면, 제1종래기술에 따른 도파로 격자렌즈는 x축 및 y축으로 이루어진 평면 상에 위치한 기관(11)과, 기관(11)의 일측면에 부차되어 광을 제공하는 레이저 다이오드(Laser diode, 13)와, 기관(11) 상에 제공되어 평면 도파로를 형성하는 코어층(12)과, 레이저 다이오드(13)로부터 발산된 광을 집적하여 z축 상에 광초점(15)을 형성하기 위한 격자렌즈(Focusing grating, 14)를 구비하여 구성된다.
- <26> 한편, 도면에 도시되지는 않았지만, 포토다이오드(Photodiode)와 빔 스플리터(Beam splitter) 등이 추가로 집적되어 광 픽업헤드를 이루며, 도시된 'b'는 레이저 다이오드(13)로부터 출력되어 도파로에 입력되는 입력광으로부터 렌즈 중심까지의 거리를 나타낸다.



- <27> 광 도파로 격자렌즈는 기존의 픽업헤드와는 달리 광 신호를 검출하는데 필요한 기본적인 기능들이 도파로 위에 집적되어 픽업헤드의 크기가 작아질 수 있기 때문에 차세대 광 픽업헤드로 주목을 받아왔다.
- <28> 그러나, 이러한 픽업헤드가 실용화 되기 위해서는 광 커플링 효율이 낮고, 광 초점 크기가 크다는 문제들이 해결되어야 한다. 그 중 전자인 낮은 광 커플링 효율은 소자 구성의 구조적 문제이기 때문에 실용화 되기 위해서는 반드시 개선되어야 할 부분이다.
- <29> 도 2a 및 도 2b는 도파로 격자 커플러가 출력 빔을 만들어 낼 수 있는 대표적인 커플링 방식을 도시한 위상 일치 다이어그램(Phase matching diagram)이다.
- <30> 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 도파로는 기판(11)과 코어층(12)으로 구성되며, 공기층과 기판(11)을 경계로 코어층(12)에 모드가 형성되어 화살표 방향으로 진행한다.
- <31> 여기서, 코어층(12)의 굴절률(n_f)은 기판(11)의 굴절률(n_s)보다 크다. 코어 모드가 진행(Propagation)하다가 격자(Surface-relief grating, 14)를 만났을 때 코어 모드의 전파상수(16)보다 작은 전파상수를 갖는 출력 빔(20, 20', 21)을 얻어낼 수 있다.
- <32> 여기서, 격자(14)는 계단형 표면 요철 격자를 그 일례로 하였다.
- <33> 만약, 도 2a와 같이 격자의 주기(Grating period)에 의해 결정되는 격자 벡터(Grating vector, 17)가 코어모드의 전파상수(16), 기판(11)의 전파상수(n_{sk} , 18), 공기층의 전파상수(n_{ck} , 19)에 대해 ' $-n_{ck} < N_k - K < n_{ck}$ '를 만족하면, 공기층과 기판(11)으로 각각 출력 빔(20, 21)들이 만들어 진다.
- <34> 즉, 도면부호 '20'은 기판(11) 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들 나타내고, 도면부호 '22'는 기판(11) 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들의 전파 벡터 궤적을 나타낸다. 또



한, 도면부호 '21'은 공기층 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들 나타내고, 도면부호 '23'은 공기층 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들의 전파 벡터 궤적을 나타낸다.

<35> 여기서, 코어층(12)의 전파상수(24)는 $n_f k$ 이다.

<36> 만약 도 2b와 같이 격자벡터가 ' $-n_s k < Nk - K < -n_c k$ '를 만족하면, 기관(11)쪽으로만 출력빔(20')을 만들 수 있으며, 이를 단일 빔 커플링(One-beam coupling)이라 한다.

<37> 도파로 격자렌즈는, 전술한 바와 같이 일반적으로 두 방향 출력빔(20, 21)을 갖는 바, 관련된 기타 손실들을 최소화 시킨다 하더라도 50% 이상의 효율을 얻어낼 수 없다. 이러한 저 효율성을 개선할 수 있는 방법은 현재까지 4가지로 정리 될 수 있다. 그 중 픽업 헤드에 응용할 수 있는 구조에 대해 제2 및 제3종래기술을 참조하여 설명한다.

<38> <제2종래기술>

<39> 도 3은 제2종래기술에 따른 프리즘을 이용한 단일 빔 출력을 갖는 도파로 격자 커플러를 도시한 단면도이다.

<40> 도 3을 참조하면, 도파로는 기관(11)과 코어층(12)으로 구성되며, 공기층과 기관(11)을 경계로 코어층(12)에 모드가 형성되어 화살표 방향으로 진행한다.

<41> 여기서, 코어층(12)의 굴절률(n_f)은 기관(11)의 굴절률(n_s)보다 크다. 코어 모드가 진행하다가 계단형 표면 요철 격자(14)를 만났을 때 코어 모드의 전파상수보다 작은 전파상수를 갖는 출력 빔(20')을 얻는다.



- <42> 도 3에 도시된 구조는 기판(11)으로의 단일 출력빔(20')을 이용하는 방법으로서 기판(11)의 아래쪽 경계면에서 출력빔이 반사되는 것을 최소화 시키기 위해 프리즘(25)을 접합하여 굴절 없이 도시된 바와 같이 경계면에 수직 입사하도록 만들어 준다.
- <43> 이 방식은 출력빔(20')이 도파로 표면에 대해 수직으로 나올 수 없기 때문에 픽업 헤드를 초소형으로 설계하기 어렵고 격자 주기가 도 2b에서 설명한 바와 같이 $-n_s k < Nk - K < -n_c k'$ 를 만족해야 하므로 입력 파장보다 두배 이상 짧은 주기를 만들어 주어야 한다.
- <44> 예를 들어 입력 파장이 400nm일 때, 단일 출력빔(20')을 만들기 위해서는 주기가 약 150nm가 되어야 한다.
- <45> 단일 출력빔을 만들어 줄 수 있는 또 다른 방법은 표면 격자가 이러한 사각 구조(Rectangular type)가 아닌 다른 형상으로 이루어져야 효과적이다.
- <46> <제3종래기술>
- <47> 도 4는 제3종래기술에 따른 브래그(Bragg) 조건을 만족시키는 두꺼운 홀로그램 격자(Thick holographic grating film)(a)와, 칼날형 표면 요철 격자(Blazed surface-relief grating)를 이용한 단일 빔 출력을 갖는 도파로 격자 커플러(b)를 도시한 단면도이다.
- <48> 도 4를 참조하면, 도파로는 기판(11)과 코어층(12)으로 구성되며, 공기층과 기판(11)을 경계로 코어층(12)에 모드가 형성되어 화살표 방향으로 진행한다.
- <49> 여기서, 코어층(12)의 굴절률(n_f)은 기판(11)의 굴절률(n_s)보다 크다. 입력된 광은 코어 모드가 진행하다가 칼날형의 표면 요철 격자(26) 또는 경사진 굴절률 변조 구조의 격자(27)를



만났을 때 브래그 조건($Nk^{\mu} - K^{\mu} = n_c k^{\mu}$)을 만족하게 되어 기판(11) 상부의 공기층 쪽으로의 출력빔(21)만 나오게 된다.

<50> 즉, 도면부호 '21'은 공기층 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들 나타내고, 도면부호 '23'은 공기층 쪽으로 커플링되어 전파되는 출력 빔들의 전파 벡터 궤적을 나타낸다.

<51> 여기서, 코어층(12)의 전파상수(24)는 $n_f k$ 이고, 코어 모드(TE01, TM01)의 전파상수(26)는 Nk 이며, 기판(11)의 전파상수(18)은 $n_s k$ 이며, 공기층의 전파상수(19)는 $n_c k$ 이다.

<52> 도 5는 도 4의 칼날형 표면 요철 격자를 갖는 구조에서 광초점을 나타내는 단면도이다.

<53> 도 4에 도시된 격자 구조는 가장 이상적인 격자 구조이지만, 도 5에 도시된 바와 같이 광초점(15)을 갖도록 만들기 위해서는 격자(26)의 경사 각도 및 주기가 위치마다 변하고 파장보다 짧은 수십 나노의 주기를 갖도록 제조해야 한다.

<54> 그러나, 이러한 조건의 격자(26)를 만들기 위한 현재의 리소그래피(Lithography) 공정으로는 그 한계가 있으며, 만일 이를 구현한다 할지라도 재현성이 희박할 것이다.

<55> 전술한 제1 내지 제3종래기술에서 제안되었던 단일 출력빔을 갖는 커플러 구조에서 요구되는 파장 이하의 단 주기를 갖는 격자가 아닌 다른 방식으로의 획기적인 접근이 요구된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<56> 상기한 종래의 문제점을 해결하기 위해 제안된 본 발명은, 제조 공정의 부담을 줄이면서도 단일 출력빔을 구현할 수 있는 누설모드를 이용한 광 커플러를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <57> 본 발명에서는 단일 출력 빔을 갖는 새로운 방식의 광 커플러 구조를 제안한다. 즉, 기존에 제안되었던 단일 출력 빔을 갖는 커플러 구조에서 요구되는 파장 이하의 단 주기를 갖는 격자 대신 단일 누설모드를 갖는 도파로를 이용하여 표면쪽으로 단일 빔 출력을 갖는 구조를 제안한다. 이를 통해 제조 공정의 부담을 줄이면서도 높은 커플링 효율을 갖는 도파로 격자 렌즈를 제작할 수 있도록 한다.
- <58> 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 제1굴절율(n_1)을 갖는 기판; 상기 기판 상에 배치된 제2굴절율(n_2)의 제1코어층; 상기 제1코어층과 간격(d)를 갖고 이격되어 상기 제1코어층 상부에 배치된 제3굴절율(n_3)의 제2코어층; 상기 제2코어층 상에 배치된 제4굴절율(n_4)의 제1클래드층; 상기 제1클래드층 상에 배치되고, 상기 제1코어층과 상기 제2코어층 사이에 확장되어 게재된 제5굴절율(n_5)의 제2클래드층; 및 상기 제2클래드층 상에 배치된 프레넬 렌즈를 포함하며, 상기 각 굴절율이 $n_5 > (n_2, n_3) > n_1$ 및 $n_5 > n_4$ 의 조건을 만족하고, 상기 제1코어층 및 상기 제2코어층을 통해 입사된 광이 상기 조건에 형성된 누설모드에 의해 상기 프레넬 렌즈에 누설빔으로 입사하며, 상기 누설빔은 상기 프레넬 격자에 의해 반사된 빔에 의해 상기 기판 하부로의 단일 방향 커플링을 이루어 광초점을 형성하는 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러를 제공한다.
- <59> 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명한다.

- <60> 도 6은 본 발명에서 제안하는 누설모드 도파로 구조 안에서의 누설모드의 형태를 도시한 개략도로서, 누설모드가 만들어질 수 있는 도파로의 예를 보여준다.
- <61> 도 6을 참조하면, 도시된 도파로는 통상적으로 사용되는 비대칭 평판 도파로 구조에 내부 클래딩(Depressed inner cladding 또는 클래드층, 63)이 추가된 형태이다.
- <62> 구체적으로, 굴절율 n_c 를 갖는 기판(61) 상에 굴절율 n_f 를 갖는 코어층(62)이 배치되어 있으며, 코어층(62) 상부에는 굴절율 n_d 를 갖는 내부 클래드층(63)이 배치되어 있으며, 내부 클래드층(63) 상부에는 굴절율 n_g 를 갖는 상부 클래드층(64)이 배치되어 있다.
- <63> 내부 클래드층(63)은 유효 굴절율 n_d 가 상부 클래드층(64)의 굴절율 n_g 보다 낮게 하여 단일 누설모드를 쉽게 형성할 수 있도록 도와주는 보조역할을 한다. 여기서, 내부클래드층(63)의 굴절율을 낮춤으로써 발생하는 누설 효과는 광섬유의 굽힘의 정도에 의한 굽힘손실(Macro bending loss) 효과와 대응될 수 있다.
- <64> 평판 도파로의 굴절율 구조에 따라 도파되는 모드의 특성이 결정되므로 도파로의 설계에 따라 누설모드(Leaky mode)의 특성들(전파상수, 누설 효율)이 변화 될 수 있어서 클래드층 쪽으로 전파되는 파워 및 전파각도가 결정된다.
- <65> 여기서, 도 6의 좌측은 누설 모드에서 유효 굴절율의 크기를 상대적으로 나타내고 있다.
- <66> 누설모드는 내부 클래드층(63)의 유효 굴절율 N_d 가 상부 클래드층(64)의 굴절율 n_g 나 기판(61)의 굴절율 n_s 보다 작을 때 발생한다(D. Marcuse, "Theory of dielectric optical waveguides," Academic Press, Chap. 1, 31~59, 1991 참조).
- <67> 코어 모드가 내부 클래드층(63)과 상부 클래드층(64)의 경계조건에 의해 구속되어 상부 클래드층(64) 쪽으로의 전파(Radiation)에 의한 손실이 없는 반면, 누설모드는 양쪽 클래드층

(63, 64) 중 한쪽의 경계면에서 전파에 의한 손실이 발생하여 지속적으로 진행하면서 상부 클래드층(64) 쪽으로 누설빔을 발생시킨다.

<68> 전술한 누설모드를 이용한 본 발명의 광 커플러를 실시예를 들어 설명한다.

<69> 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 대칭형 단일모드 도파로(70)와, 대칭형 단일모드 도파로(70)와 누설모드 도파로(Leaky-mode waveguide)가 커플링을 이루는 방향 커플러(Synchronous directional coupler, 71)와, 반사형 프레넬(Fresnel) 렌즈(69)로 구성되는 도파로 격자렌즈의 단면도 및 도파로 굴절률 구조를 도시한 도면이다.

<70> 도 7을 참조하면, 광 커플러(71)는, 굴절률 n_s 를 갖는 기판(61)과, 기판 상에 배치되어 굴절률 n_f 를 갖는 제1코어층(62a)과, 제1코어층(62a)과 소정의 간격(d) 만큼 이격되어 제1코어층(62a) 상에 배치된 굴절률 n_f 의 제2코어층(62b)과, 제2코어층(62b) 상에 배치된 굴절률 n_d 의 내부 클래드층(63)과, 내부 클래드층(63) 상에 배치되며 굴절률 n_g 를 갖는 상부 클래드층(64)과, 상부 클래드층(64) 상에 배치된 프레넬 렌즈(69)를 포함하며, 대칭형 평판 도파로(70)는 하나의 코어층(68)으로 이루어져 있다.

<71> 도 6 및 도 7을 다시 참조하면, 각 층의 굴절률 관계가 $n_f > n_g > n_s > n_d$ 인 경우를 일례로 도시하고 있다. 제1 및 제2코어층(62a, 62b)을 통해 입사된 광이 상기 $n_f > n_g > n_s > n_d$ 의 조건에 의해 형성된 누설모드에 의해 프레넬 렌즈(69)에 누설빔(65)으로 입사하며, 누설빔(65)은 프레넬 격자에 의해 반사된 빔에 의해 기판(61) 하부로의 단일 방향 커플링을 이루어 광초점(66)을 형성한다.

<72> 여기서, 제1코어층(62a)과 제2코어층(62b)은 굴절률이 서로 동일하거나 다를 수 있다.

- <73> 하편, 전술한 예에서는 내부 클래드층(63)의 굴절율 n_d 가 굴절율 중에 가장 작은 값을 갖는다. 하지만, n_d 가 n_f 보다 큰 경우에도 누설모드가 형성될 수 있다.
- <74> 따라서, 각 층간의 굴절율의 관계가 다음과 같은 조건을 만족하면, 누설모드가 형성됨을 알 수 있다. 즉, 각 층의 굴절율은 $n_g > n_f > n_s$ 및 $n_g > n_d$ 조건을 만족하면 누설모드가 형성된다.
- <75> 광 커플러(71)의 제1코어층(62a)과 제2코어층(62b) 사이에는 상부 클래드층(64)이 확장되어 게재되어 있으며, 이 간격(d)을 조절하여 커플링의 길이를 조절한다. 내부 클래드층(63)의 굴절율 n_d 와 상부 클래드층(64)의 굴절율 n_g 를 조절하여 누설빔(65)의 양과 누설되는 각도를 조절한다. 이 때의 x축에 수직인 도파로 축에 대한 누설각도 α 는 $\cos^{-1}(N/n_g)$ 에 의해 근사적으로 예측할 수 있다. 여기서, N은 누설모드의 유효 굴절율이다.
- <76> 여기서, 광 커플러(71)는 x축 및 y축으로 이루어진 평면 상에 위치하고, 광초점(66)은 z축과 일치한다. 또한, 간격(d)을 $(b(\text{입력광으로부터 상기 프레넬 렌즈 중심까지의 거리}) - L(\text{상기 프레넬 렌즈의 직경})/2 < y < b+L/2)$ 범위에서 최대누설효과 및 가우시안(Gaussian) 분포의 누설빔을 갖도록 조절한다.
- <77> 즉, 도 7은 전술한 누설모드 커플링을 이용한 도파로 격자렌즈의 예를 도시하는 것으로, 도시된 도파로의 왼쪽편으로부터 광섬유(또는 레이저 다이오드)에 의해 입력광이 입사한다. 광섬유의 코어층(68)과 상부 클래드층(64)의 굴절률 n_g 및 코어층(68) 크기가 동일한 굴절율 구조를 갖는 대칭형 평판도파로(30)에 단일모드가 형성된다. 광섬유의 일차원 상의 단일모드(HE11) 모양과 동일한 평판 도파로 단일모드(TE0)가 형성되므로, 모드일치(Mode-matching effect)효과에 의해 입력손실이 최소화 될 수 있다.

- <78> 여기서, 도면부호 '67'은 누설모드의 단면 방향 세기 분포를 나타내며, 도면부호 '72'는 코어모드의 단면 방향 세기 분포를 나타낸다.
- <79> 평판 도파로의 단일모드는 대칭형 도파로를 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하다가 프레넬 렌즈의 y축상의 시작점($y=b-L/2$)에서 광 커플러(71)에 입사한다. 광 커플러(71)는 대칭형 도파로(70)와, 코어층(62a, 62b)과 내부 클래드층(63) 및 상부 클래드층(64)으로 형성된 누설 모드 도파로가 서로 근접한 구조를 갖는다.
- <80> 두 도파로의 간격(d)에 따라 평판 도파로 모드에서 누설모드로의 파워 전달정도(커플링 효율, Coupling efficiency)가 달라진다. 따라서, 간격(d)을 조절하여 도파로 모드가 진행하면서 누설모드 쪽으로 파워를 충분히 전달하여 도파로 끝면($y=b+L/2$)에서 도파로 모드의 파워가 소멸되도록 하는 것이 바람직하다.
- <81> 도파로 모드로부터 전달된 누설모드의 파워는 진행하면서 지속적으로 일정 각을 갖고 누설빔(Radiated leaky beam, 65)을 발생시킨다. 누설빔(65)은 반사형 프레넬 렌즈(69)를 만나면서 회절되어 광초점(66)에 맺힌다.
- <82> 전술한 도 2의 일반적인 도파로 격자 커플러가 코어모드의 구속된 전자장(Electric field)의 산란에 의해 상, 하 방향으로 커플링을 만드는 반면 본 발명에서는 상부 클래드층(64) 쪽으로의 전파는 전자기장(Electromagnetic waves)의 전파이므로 회절에 의해 도파로 밖으로 초점을 향하여 진행한다. 따라서 양방향 커플링이 아닌 단일 방향 커플링을 만들어 초점에 맺히게 할 수 있다.
- <83> 도 8은 도 7의 누설모드의 파워 전달 특성을 도시한 그래프이다.
- <84> 전술한 광 커플러(71)가 결합된 구조는 다음과 같은 장점을 갖고 있다.

- <85> 입력 광의 입력손실(Insertion loss)를 최소화 시키기 위해 입력 도파로를 최적 설계할 수 있고, 입력된 파워를 누설모드로 방향 커플링 효과(Synchronous directional coupling effect)에 의해 전달 시킬 수 있다.
- <86> 또한 도 8의 그래프에 도시된 바와 같이 반사형 프레넬 렌즈로 향하여 전파하는 입력빔의 분포를 가우시안 함수 형태의 꼴(80)로 형성시킬 수 있다. 일반적으로, 누설모드의 광 손실은 길이 방향을 따라 지수적으로 감소(Exponential decay)하는 경향(81)을 갖는다. 반면, 방향 커플링은 길이방향을 따라 축적되어 증가하므로 두 효과의 곱인 반사형 프레넬 렌즈의 입력빔의 파워 분포는 가우시안 함수 형태의 꼴(80)로 형성될 수 있다. 이는 입력광의 비대칭 분포에 의해 발생하는 광점 왜곡을 줄일 수 있고, 광점으로부터 기록 미디어에 의해 반사되어 되돌아오는 신호를 도파로 모드로 커플링 시키는데 적합한 분포이다.
- <87> 여기서, 도면부호 '81'은 진행 방향을 따라 감소되는 누설모드의 세기 곡선을 도시한 것이며, 도면부호 '82'는 진행 방향을 따라 축적되는 누설모드의 파워를 도시한 것이며, 도면부호 '80'은 반사형 프레넬 렌즈를 향하여 전파하는 누설빔의 분포를 나타낸다.
- <88> 입력광원에 대한 초점을 갖는 출력빔의 효율(Output coupling efficiency)과 입력 커플링 효율(Input coupling efficiency)을 극대화 시키는 방법을 제안하였다. 이 때 출력빔의 생성 효율은 헤드로 광원이 입력될 때 발생하는 입력손실(Insertion loss)를 최소화 하고, 도파로 모드로부터 외부로 전파하는 출력빔으로의 파워 전달을 최대화시킬 때 향상될 수 있다.
- <89> 입력빔의 커플링 효율은 출력빔의 파워 분포가 되돌아오는 반사빔의 파워 분포와 일치할 때 최대화되므로 출력빔의 파워분포가 대칭형일 수록 향상된다. 전술한 본 발명에서는 출력빔

효율을 향상시키기 위해 대칭형 단일모드 평판 도파로와 누설모드 도파로가 결합된 방향 커플러를 사용하였다.

<90> 입력되는 대칭형 평판 도파로의 구조가 입력손실을 최소화 시킬 수 있도록 조절될 수 있기 때문에 입력손실이 최소화 된다.

<91> 입력된 단일모드는 방향 커플러에 의해 모든 파워가 누설모드로 전달되며 누설모드는 프레넬 렌즈로 모든 파워를 전파시킬 수 있기 때문에 프레넬 렌즈의 회절 효율에 따라 출력빔의 효율이 결정된다. 일반적으로 2 레벨(Level) 구조인 경우 35%, 4 레벨 구조인 경우 60% 이상의 회절 효율을 갖으므로 기존의 격자 커플러의 회절 효율 보다 높다.

<92> 또한, 누설모드로부터 프레넬 렌즈로 전파되는 입력빔의 y방향으로의 파워분포가 대칭형에 가깝기 때문에 입력 효율도 상대적으로 증가된다.

<93> 또한, 기존에 제시된 방법이 리소그래피 공정의 기술 발전에 크게 의존하는 반면 제안된 커플러는 다층 도파로 설계 및 프레넬 렌즈에 의해서 출력빔의 특성이 결정되므로 제조공정의 부담을 크게 덜어준다. 따라서 고 효율 도파로 격자렌즈를 고 분해능 리소그래피의 도움 없이 구현할 수 있다.

<94> 본 발명의 기술 사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술 분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

【발명의 효과】

<95> 상술한 바와 같은 본 발명은, 비교적 간단한 공정에 의해 커플링 효율이 높은 광 커플러를 제작할 수 있어, 궁극적으로 광 커플러의 성능 및 생산성을 향상시키는 효과가 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

제1굴절율(n_1)을 갖는 기판;

상기 기판 상에 배치된 제2굴절율(n_2)의 제1코어층;

상기 제1코어층과 간격(d)를 갖고 이격되어 상기 제1코어층 상부에 배치된 제3굴절율(n_3)의 제2코어층;

상기 제2코어층 상에 배치된 제4굴절율(n_4)의 제1클래드층;

상기 제1클래드층 상에 배치되고, 상기 제1코어층과 상기 제2코어층 사이에 확장되어 계재된 제5굴절율(n_5)의 제2클래드층; 및

상기 제2클래드층 상에 배치된 프레넬 렌즈를 포함하며,

상기 각 굴절율이 $n_5 > (n_2, n_3) > n_1$ 및 $n_5 > n_4$ 의 조건을 만족하고, 상기 제1코어층 및 상기 제2코어층을 통해 입사된 광이 상기 조건에 형성된 누설모드에 의해 상기 프레넬 렌즈에 누설빔으로 입사하며, 상기 누설빔은 상기 프레넬 격자에 의해 반사된 빔에 의해 상기 기판 하부로의 단일 방향 커플링을 이루어 광초점을 형성하는 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 간격(d)을 조절하여 커플링의 길이가 조절된 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서,

상기 제1클래드층의 굴절율(n_4)과 상기 제2클래드층의 굴절율(n_5)을 조절되어 상기 누설 빔의 양과 누설되는 각도가 조절된 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 광 커플러는 x축 및 y축으로 이루어진 평면 상에 위치하고, 상기 광초점은 z축과 일치하는 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 간격(d)이 $\{b(\text{입력광으로부터 상기 프레넬 렌즈 중심까지의 거리}) - L(\text{상기 프레넬 렌즈의 직경})/2 < y < b+L/2\}$ 범위에서 최대누설효과 및 가우시안(Gaussian) 분포의 누설빔을 갖도록 조절된 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,



상기 제2굴절율(n_2)과 상기 제3굴절율(n_3)은 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 7】

제 1 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 제4굴절율(n_4)이 상기 제1굴절율(n_1)보다 작은 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

【청구항 8】

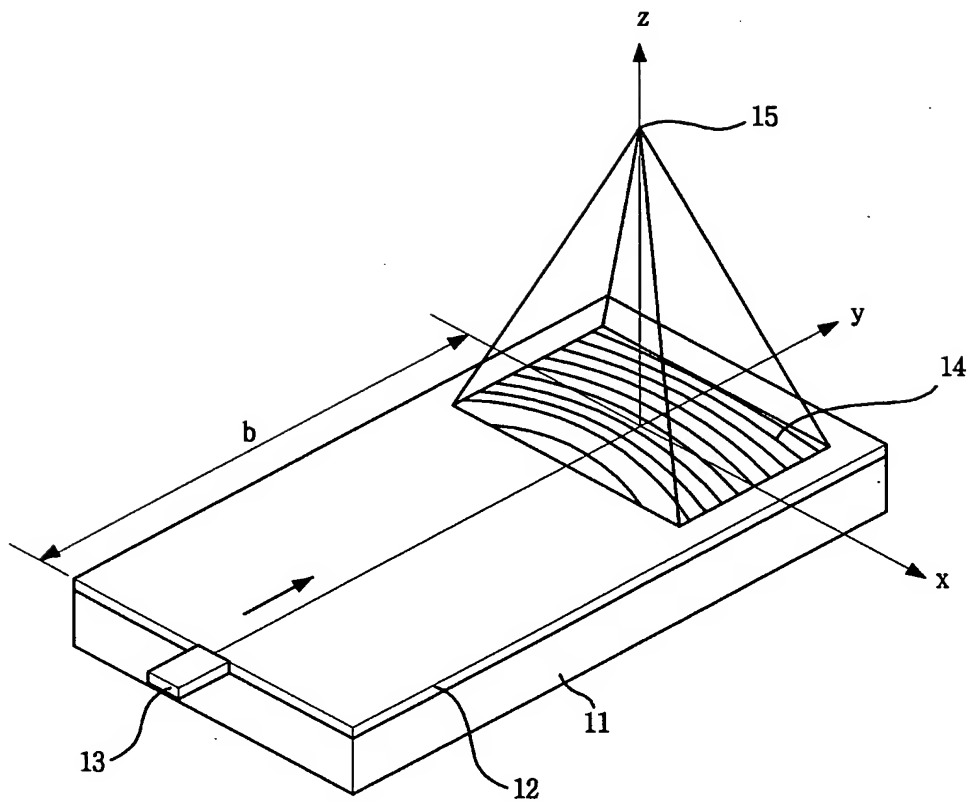
제 1 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 제4굴절율(n_4)이 상기 제2굴절율(n_2) 및 상기 제3굴절율(n_3)보다 큰 것을 특징으로 하는 누설모드를 이용한 광 커플러.

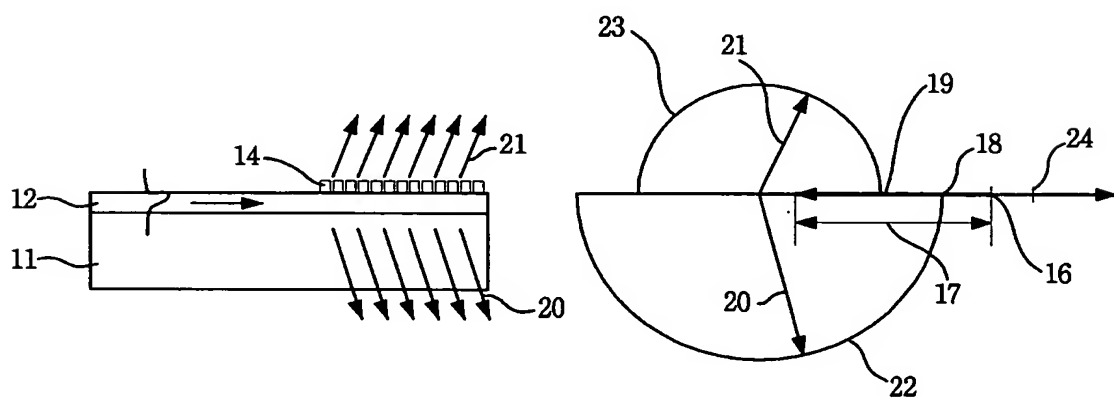


【도면】

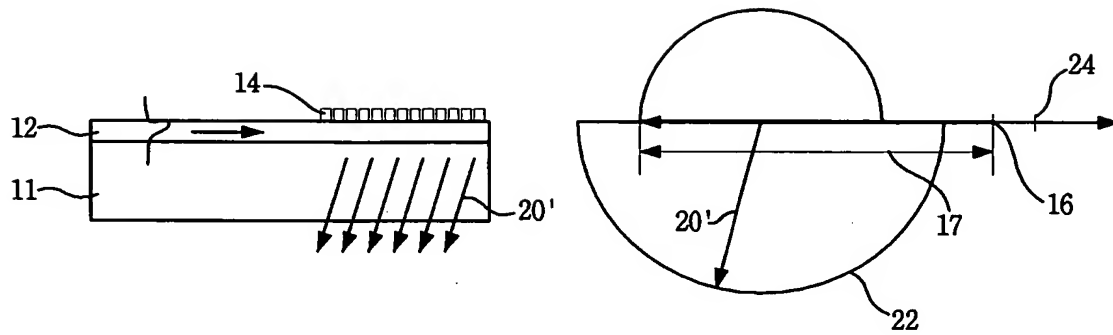
【도 1】



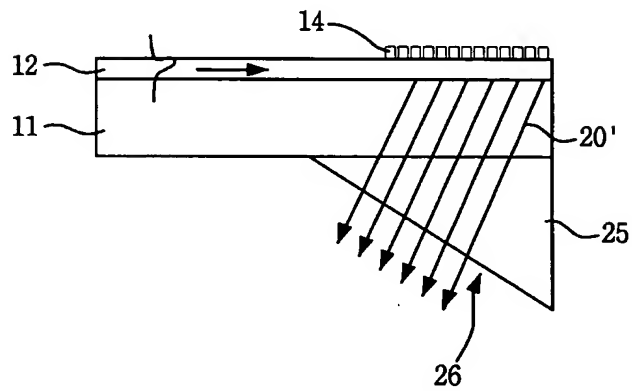
【도 2a】



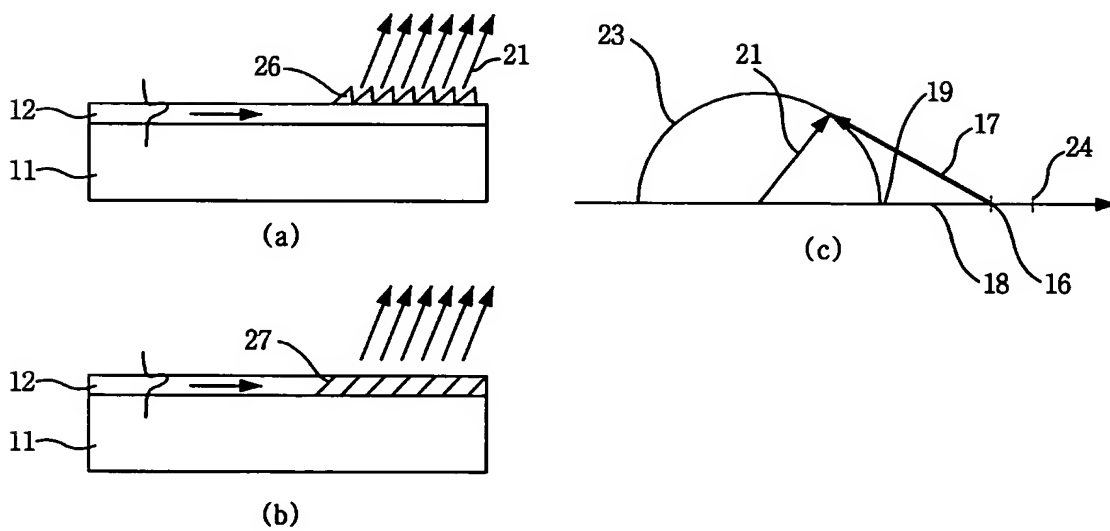
【도 2b】



【도 3】

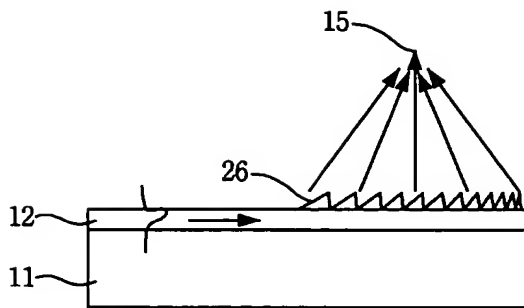


【도 4】

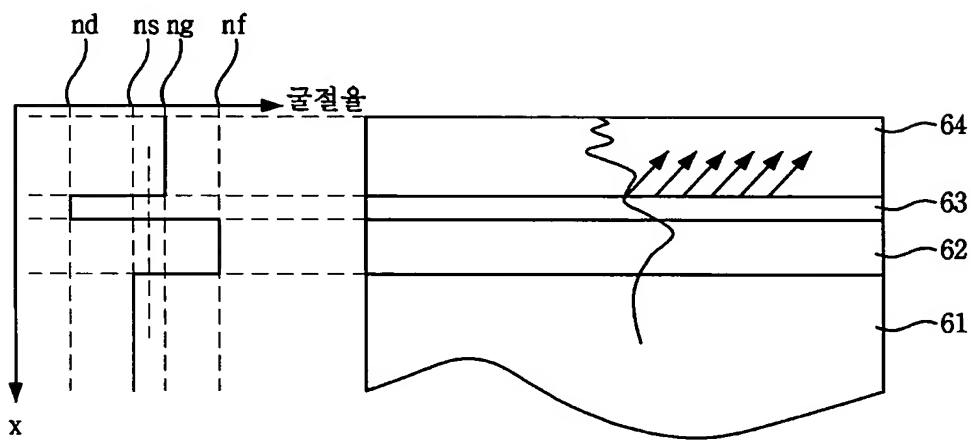




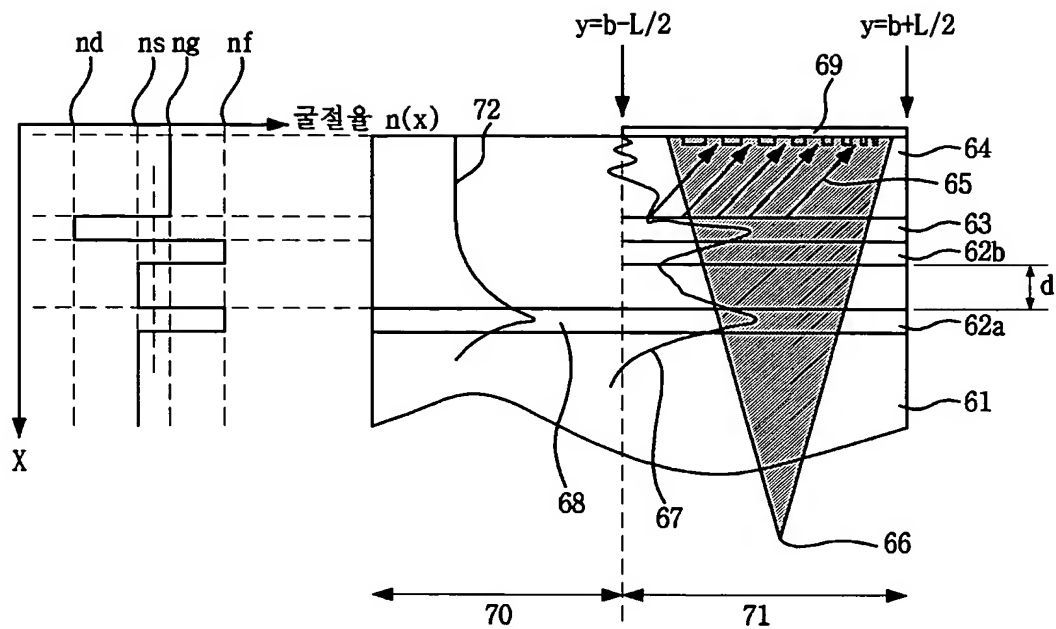
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

